Aus der Medizinischen Universitätsklinik Basel
(Vorsteher: Professor Dr. R. Staehelin)

Verhalten der Retikulozyten im Blut nach dosierter Arbeit

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

Friedrich Schürmann
aus Essen (Deutschland)

Großbetrieb für Dissertationsdruck von Robert Noske in Borna-Leipzig
1936

Von der Medizinischen Fakultät genehmigt auf Antrag von
Professor Dr. Rudolf Staehelin

Tag der Promotion: 5. März 1936

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Als Folge körperlicher Anstrengungen kennt man im weißen Blutbild eine Zellvermehrung (Leukozytose) und eine prozentuale Zunahme der Jugendformen (Linksverschiebung) (vgl. Egoroff[1]). Im roten Blutbilde treten unter gleichen Bedingungen ebenfalls Veränderungen auf: eine mehr oder weniger starke Vermehrung der Erythrozyten (Arnold[2], Jokl[3], Herxheimer[4] u. a.).

Man konnte beobachten, daß das Ausmaß dieser hämatologischen Veränderungen abhängig ist von der Größe der geleisteten Arbeit. Das trifft insbesondere für das weiße Blutbild zu, aber auch das rote fügt sich ins Schema. Nach geringer körperlicher Betätigung ist die Vermehrung der Erythrozytenzahl mäßig und kurze Zeit danach wieder verschwunden. Nach größeren Anstrengungen bleibt hingegen die Zunahme über längere Zeit bestehen. Es wurde nachgewiesen, daß die roten Blutkörperchen bei Menschen, die sich im strengen sportlichen Training befinden, für diese ganze Zeit eine Vermehrung aufweisen.

Verschiedene Autoren (Arnold usw.) glauben, daß bei kurzdauernder und geringgradiger körperlicher Anstrengung diese Vermehrung lediglich durch eine Ausschwemmung aus den großen Blutdepots des Körpers, vor allem Leber und Milz, zustande komme. Hiermit wird das Auftreten von „Seitenstechen" bei Laufübungen, das durch Kontraktion der Milz hervorgerufen werden könnte, in Zusammenhang gebracht.

Bei stärkerer Beanspruchung, sowohl zeitlich als auch körperlich, dürfte aber die Zellvermehrung vorwiegend durch gesteigerte Erythropoese zustande kommen. Hiefür sprechen die Untersuchungen von Egoroff, Jokl u. a., die in den „Ermüdungsblutbildern" regelmäßig einen viel höheren Prozentsatz großer, d. h. jugendlicher Erythrozyten vorfanden.

Noch beweiskräftiger sind die Ergebnisse von Rosenblum und Mendjuk[5], die erstmals die Retikulozyten als Kriterium herbeizogen. Sie untersuchten das Verhalten dieser Jugendformen

der roten Blutkörperchen bei verschiedenen Anstrengungen. Bei leichter körperlicher Tätigkeit wie Gehen und Holzsägen blieben die Zahlen unverändert, bei stärkeren Leistungen wie Boxen und Skischnellauf stiegen sie an. Auch Seyfarth[6] hat derartige Untersuchungen angestellt und ebenfalls eine Vermehrung der Retikulozyten nach körperlichen Anstrengungen gefunden. Nach Rosenblum und Mendjuk treten diese Veränderungen nur auf, wenn die Arbeit bis zur Ermüdung gesteigert wird, nach Seyfarth nur dann, wenn ein stärkerer Schweißausbruch vorangegangen ist.

Die Befunde blieben nicht unwidersprochen. So wollen Artemjeff[7] und Arkadiewsky[8] nie eine derartige Retikulozytenvermehrung beobachtet haben.

Einwandfrei waren die Retikulozytenvermehrungen, die Jezler und Vischer[9] bei 30 Teilnehmern eines Skilanglaufs im Schweizer Jura feststellen konnten. Sie betrugen das 3—4 fache der Ruhewerte und hielten sich nach dieser großen und langdauernden Anstrengung mindestens 2—3 Stunden auf dem hohen Niveau. Ganz allgemein ließ sich in den Blutveränderungen eine Gesetzmäßigkeit auffinden: je größer die Leistung war, m. a. W. je kürzer die Zeitspanne, in der die vorgeschriebene Arbeit erledigt wurde, desto intensiver prägten sich die hämatologischen Unterschiede aus. Das trat besonders deutlich bei den Retikulozytenzahlen in Erscheinung. Zum erstenmal bei derartigen Versuchen wurde hier auch eine Differenzierung der Vitalgranulierten je nach dem Reifungsgrad vorgenommen. Auch da kam eine Abhängigkeit von der Leistung zum Vorschein: die Siegergruppe zeigte im Gegensatz zu den Nachzüglern die stärkste „Linksverschiebung".

Die angeführten Publikationen haben zu weiteren Studien auf diesem Gebiete der Arbeitsphysiologie angeregt. Das quantitative und qualitative Verhalten der Retikulozyten schien vorwiegend geeignet, Beziehungen zwischen Arbeit und Blutbild abzuklären.

Nachfolgender Arbeit ist folgende Fragestellung zugrunde gelegt worden:

Kann durch genau dosierte Arbeit die Leistungsgröße eruiert werden, bei der die Retikulozytenzahl deutlich ansteigt?

Kann der Anstieg wiederum mit zunehmender Leistung gesteigert werden?

Treten auch Verschiebungen in der qualitativen Zusammensetzung der Retikulozyten auf, und wo beginnen diese in Erscheinung zu treten?

In welchem Zeitpunkt sind diese hämatologischen Veränderungen maximal, und wann sind sie wieder abgeklungen?

Es war Ehrlich, der 1892 als erster bei Anwendung von Vitalfärbung eigenartige Körnchen und Strukturen in den Erythrozyten darstellen konnte. Die Gebilde wurden vorerst nur als Degenerationsprodukte angesehen und für wenig bedeutsam gehalten. Erst Ferrata (1911) hat ihren regenerativen Charakter sichergestellt. Seitdem haben die Vitalgranulationen immer mehr an Bedeutung gewonnen. Sie liegen nur in roten Blutkörperchen, die, obschon kernlos, noch nicht völlig ausgereift sind. Mit Kernresten haben die Körnchen und Schlingen nichts zu tun, sie färben sich auch anders. Wichtig und diagnostig wertvoll ist, daß diese Art von Jugendformen im Gegensatz zu den Normo- und Megaloblasten auch beim Gesunden das Knochenmark verlassen und im peripheren Blut zu gewissem Prozentsatz vorhanden sind. Die Größenangaben hierüber sind je nach Autor und Methode etwas verschieden. Nach Nägeli[10], Morawitz[11], Schilling[12] und Glitsch[13] liegen die Normalwerte zwischen 1 und 2 ‰, nach Heilmeyer[14] zwischen 4 und 6 ‰. Eine größere Variationsbreite geben Tomaszewsky[15] bzw. Trachtenberg[16] an, mit 2 und 10 ‰ bzw. 3 und 14 ‰ als Extremwerte.

Die Forschungen der letzten Jahre haben eine ganze Reihe physiologischer und pathologischer Zustände aufgedeckt, bei denen die Retikulozytenzahl im Blut erhöht ist.

Beim Fötus ist die „Retikulozytose“ maximal. Auch das Blutbild der Schwangern zeigt erhebliche Vermehrung. Physikalische Reize wie Röntgenstrahlen, Quarzbelichtung rufen eine Anreicherung hervor. Die Luftdruckverminderung beim Aufenthalt im Hochgebirge genügt, um die Werte über das Doppelte ansteigen zu lassen (Barcroft[17], Wolfer[18], Seyfarth). Wird außerdem körperliche Arbeit geleistet, so sind die Zunahmen besonders groß. Dies haben neuerdings Jezler und Vischer[19] bei ihren

Versuchen im hochalpinen Forschungsinstitut Jungfraujoch beobachten können.

Es ist hier nicht der Ort, im einzelnen auf die zahlreichen pathologischen Momente, die zur Anreicherung der Vitalgranulierten in der Blutbahn führen, einzugehen. Es sind vorwiegend drei Krankheiten, bei denen Retikulozytenzählungen zum wichtigen Diagnostikum geworden sind: hämolytischer Ikterus, Malaria und Biermersche Anämie. Bei der familiären Gelbsucht sind die höchsten bisher bekannten Retikulozytenwerte gefunden worden. Mit Hilfe der Retikulozytenbestimmung ist eine Methode ausgearbeitet worden, die auch bei sogenannten „parasitenlosen Formen" die Diagnose Malaria zu stellen ermöglicht (Gualdi[20], Machwiladze[21], Yang und Keefer[22]). Hinsichtlich der Bedeutung der Substantia reticulofilamentosa bei Anämien, insbesondere bei perniziöser Anämie für Prognose und Beurteilung der angewandten Heilmittel (Leberpräparate, Eisen, Arsen) kann bereits auf eine große Literatur hingewiesen werden.

Mit zunehmender Reifung nimmt die vitalfärbbare Substanz in den Retikulozyten ab. Die jugendlichsten Zellen führen noch ein kompaktes Knäuel in ihrem Innern; später löst sich dieses zu netzartiger Struktur auf, und die letzten Residuen sind nurmehr Granula. Gewöhnlich verläuft dieser Reifungsprozeß im Knochenmark, und die frühen Retikulozyten sind im strömenden Blut selten. Erscheinen sie vermehrt, so kann man auch hier von einer „Linksverschiebung" (Büngeler[23], Gawrilow[24]) sprechen. Die unterschiedlichen Struktureigenheiten sind zur Grundlage einer Gruppeneinteilung gemacht worden (Engel[23], Seyfarth, Heilmeyer[23]). Die heute wohl gebräuchlichste Klassifizierung ist diejenige von Hirschfeld und Moldawsky[25]. Sie ist den nachfolgenden Untersuchungen zugrunde gelegt:

Gruppe I: Retikulozyten mit Substantia granulosa, d. h. mit Körncheneinlagerungen. Normal 70—80 %.

Gruppe II: Retikulozyten mit Substantia reticulosa, d. h. mit aufgelöster Netzstruktur, also Retikulozyten sensu strictiori. Normal 20—30 %.

Gruppe III: Retikulozyten mit Substantia globosa, d. h. mit dichtmaschigem Zentralknäuel. Normal 0—5 %.

Die meist angewandte Färbtechnik für Retikulozyten ist 1927 von Seyfarth angegeben worden. Neuerdings ist die Methode von Wolfer[26] durch verschiedene Modifikationen vereinfacht worden mit dem Vorteil, daß einwandfrei gefärbte, unbeschränkt haltbare Ausstrichpräparate erhalten werden. Seinen Vorschriften sind wir, von einigen Änderungen abgesehen, gefolgt.

Eine alkoholische Lösung von Brillantkresylblau wird auf einem mit 2 Querrillen versehenen, fettfreien Objektträger ausgestrichen und nach Eintrocknen zu gleichmäßiger Farbschicht verrieben. Die Konzentration der Lösung wurde 1 % ig gewählt, da mit 5 % Farbstoff, wie das Wolfer vorschreibt, die Löslichkeitsgrenze überschritten ist. Auf dem so vorbereiteten Objektträger wird ein großer Bluttropfen ausgebreitet, mit einem weitern, halbierten Objektträger zugedeckt und 2—3 Minuten lang gefärbt. Wir haben einen Vorteil darin gesehen, daß wir die Präparate während dieser Zeit dem direkten Sonnenlichte aussetzten; die Färbung wird so besonders deutlich. Danach werden Blut und Farbstoff durch leichtes Anheben des bedeckenden Glases nochmals vermischt und ein dünner Ausstrich auf einen sorgfältig gereinigten, fettfreien Objektträger angefertigt. Dergestalt sind die Präparate monatelang ohne zu verblassen haltbar. Auch tritt keine Schrumpfung der vitalfärbbaren Substanz auf, wie das nach Rosenblum und Mendjuk bei Papenheim-Freifeld-Färbung beobachtet worden ist. Die Auszählung geschieht mit Zählokular und Ölimmersion.

Es fiel auf, daß die Retikulozyten häufig gruppenweise zusammenliegen und daneben oft in mehreren Gesichtsfeldern ganz fehlen. Die Anreicherung findet sich vorzugsweise in den Randpartien des Ausstriches. Die daraus resultierenden Fehlermöglichkeiten waren mit ein Grund, warum wir stets mindestens 3000 rote Blutkörperchen auszählten und uns nicht mit den weniger strengen Vorschriften der Literatur begnügten (vgl. z. B. Osgood[27]). Je 200 oder 300 Retikulozyten dienten als Basis für die Einteilung nach Gruppen.

Aus technischen Gründen konnten keine Zählungen der Erythrozyten durchgeführt werden; die Gesamtzahl der Vitalgranulierten ist demnach durchweg auf je 1000 rote Blutkörperchen bezogen. Jezler und Vischer, die ihre Tabellen auf absolute Werte umrechneten, geben zu, daß für die Retikulozyten im Gegen-

satz zum weißen Blutbild die Relativzahlen ein hinlänglich genaues Bild vom Reaktionsverlauf vermitteln, zumal die Erythrozytenkonzentrationen nur geringen Schwankungen unterworfen sind.

Die Untersuchten waren Leute im Alter von 19 bis 25 Jahren, Studenten und Handwerker, die sich normal ernährten und regelmäßig Leichtathletik als Sport trieben.

Die erste Blutprobe wurde jeweils erst nach genügender Entspannung entnommen und kann als Ruhewert gelten. Die Zahlen variieren zwischen 2 ‰ und 15 ‰. Die Durchschnittswerte sind bei den Handwerkern (11 ‰) etwas höher als bei den Studenten (7 ‰). Außerdem stiegen die Werte im Laufe des Sommers (von April bis Juli) leicht an. Bei dem kleinen Material ist es aber gewagt, hieraus Schlüsse auf die Wirkung äußerer Faktoren (Sonnenscheindauer, Aufenthalt im Freien, Vitamingehalt der Nahrung) zu ziehen. Immerhin sei auf den Zuammenhang von Vitaminstoffwechsel und Retikulozytenzahl hingewiesen (Seyderhelm[28]).

Als dosierte Arbeit wurde verlangt: 10 und 20 Kniebeugen, Treppensteigen, Kurzstreckenlauf (100 und 200 m), Mittelstreckenlauf (400, 800 und 1500 m) und Langstreckenlauf (3000 und 5000 m). Sofort und 10 Minuten nach der Übung wurde die Blutentnahme wiederholt, in Einzelfällen bis $^1/_2$ Stunde nachher.

Um den Schwellenwert der zur Beinflussung der Retikulozytenzahl notwendigen Anstrengung zu finden, wurden die Messungen vorerst nach ganz geringfügiger Arbeit (10 Kniebeugen) angestellt. Die Werte sofort nachher und 10 Minuten nachher unterscheiden sich bei keiner der Versuchspersonen vom Ruhezustand. Sie sind durchschnittlich gleich groß. Ebenso bleibt die prozentuale Zusammensetzung ungeändert (Tabelle 1).

Auch die doppelte Arbeitsleistung (20 Kniebeugen) stört die qualitative und quantitative Konstanz nicht (Tabelle 2). Zum selben Resultat führte auch das Ersteigen einer Treppe von 50 Stufen, obwohl diese körperlichen Betätigungen auch beim Trainierten in Puls- und Atmungsfrequenz sowie Blutdruckhöhe erhebliche, wenn auch kurzdauernde Steigerungen im Gefolge haben (vgl. z. B. Jezler[29]).

Der Kurzstreckenlauf über 100 m stellte die erste sportliche, d. h. mit Einsatz aller Kräfte durchgeführte Leistung dar, die zur Untersuchung kam (Tabelle 3). Die Änderungen sind auch hier gering. Daß der durchschnittliche Gesamtwert 10 Minuten nach der Übung leicht erhöht ist, rührt von Versuchsperson R. T. her, die sich als Rekordmann maximal ausgab. Vielleicht, daß sich hier die oben erwähnte Feststellung, wonach die beste Leistung sich immer auch hämatologisch am deutlichsten ausprägt, bereits bestätigt. Bei der Gruppendifferenzierung gaben sich keine Unterschiede zu erkennen.

Dieselbe Beobachtung konnte auch beim 200-m-Lauf gemacht werden. Wiederum reagiert der Wettläufer (L. P.) mit einer leichten Retikulozytensteigerung, die sich auch der Durchschnittszahl mitteilt. Nach dieser etwas länger dauernden Leistung ist die Veränderung schon sofort nachher maximal und 10 Minuten später bereits im Abklingen. Auch hier bleibt die prozentuale Zusammensetzung unbeeinflußt. Die Laufzeiten waren bei allen 3 Konkurrenten gleich gute (Tabelle 4).

Zum 400-m-Lauf fanden sich nur 2 Versuchspersonen bereit (Tabelle 5), deshalb wurden hier keine Durchschnittswerte errechnet. Bei beiden Läufern ist der Retikulozytenanteil der roten Blutkörperchen etwas angestiegen, aber nur im sofort nach dem Lauf entnommenen Blut; 10 Minuten später ist der Zuwachs wieder ausgeglichen. In diesem Zeitpunkt zeigten Puls und Atmung immer noch eine durch die körperliche Betätigung hervorgerufene Beschleunigung. Zum erstenmal ist hier auch die prozentuale Zusammensetzung etwas beeinflußt. Die retikulären Formen sind auf Kosten der granulären leicht vermehrt. 10 Minuten nach der Übung ist die Verschiebung noch zu erkennen.

Ähnlich sind die Resultate, die beim 800-m-Lauf erhalten wurden (Tabelle 6). Das Anwachsen der Retikulozytenzahl ist deutlicher, besonders in der 3. Blutprobe. Leider konnte der Vorgang nicht über eine längere Zeit verfolgt werden, und es bleibt dahingestellt, ob das Maximum des Anstieges erfaßt worden ist. Entsprechend verhalten sich auch die Gruppenzahlen. Bei N. F. ist die Zunahme der Netzformen besonders ausgeprägt und liegt außerhalb der Fehlerbreite. Die seltenen Knäuelformen

beteiligten sich nicht an der Verschiebung, bei einer Person nehmen sie sogar an Zahl ab.

In Tabelle 7 sind die Retikulozytenwerte vor und nach 1500-m-Lauf zusammengestellt. In Übereinstimmung mit der Leistungsgröße sind die Auswirkungen auf das Blutbild erheblich. 3 Personen wurden während des Trainingslaufes, eine (R. D.) während des Wettkampfes untersucht. Auch hier ergeben sich beim Wettkämpfer die größten Anstiege. Die Linksverschiebung der Gruppen verhält sich bei allen 4 Untersuchten etwa gleich. Die wenigst gereiften Retikulozyten der 3. Kategorie machen die Bewegungen nicht mit.

Ein Lauf über 3000 m ist an sich eine erhebliche Leistung. Diese wird noch gesteigert, wenn sie, wie das bei allen Untersuchten in Tabelle 8 der Fall war, wettkampfmäßig durchgeführt wird. Wir finden deshalb hier auch die größte Retikulozytenzunahme der ganzen Versuchsreihe. Anstiege über 150 % (S. M.) nähern sich der Größenordnung, wie sie seinerzeit beim 50-km-Skilanglauf gefunden wurde. Die Beobachtungen sind diesmal über eine halbe Stunde ausgedehnt worden. Die höchsten Werte waren nach 10 Minuten zu erhalten, nach 30 Minuten war der Zuwachs noch nirgends ausgeglichen. Dasselbe gilt für das Differentialbild. Zum einzigen Mal erfahren hier auch die Vitalgranulierten mit Substantia globosa eine Veränderung.

Daß hierfür nicht einzig die sportliche Übung, sondern vor allem die wettkampfmäßige Ausführung entscheidend war, beweisen die Zahlen in Tabelle 9, wo als 5000-m-Lauf die Arbeit fast verdoppelt, aber nur als Trainingslauf gefordert war. Die Retikulozytenzunahme erreichte hier nie 100 %, und an der erheblichen Linksverschiebung sind die kompakten Retikulozytenformen unbeteiligt.

Schon Rosenblum und Mendjuk haben die Retikulozyten bei verschiedenartiger Körperarbeit untersucht. Die vorgeschriebenen Leistungen (Gehen, Boxen, Holzsägen usw.) waren aber wenig genau dosiert. Erst der 5000-m-Lauf konnte eine leichte Vermehrung provozieren. Die Differenzierung wurde nicht vorgenommen.

Die mitgeteilten Versuche konnten das vermehrte Auftreten von Retikulozyten nach körperlicher Arbeit neuerdings bestätigen.

Die Zunahme war nach geringfügigen Anstrengungen wie Kniebeugen, Treppensteigen nicht zu beobachten. So rasch wie die Pulsfrequenz wird demnach die Blutzusammensetzung nicht geändert. Beim Lauf über 100 und 200 m ist die Retikulozytensteigerung nur bei den Wettkämpfenden, die Spitzenleistungen zeigten, angedeutet; beim Lauf über 400 m tritt sie auch bei den Trainierenden auf. Sie ist aber so klein und so rasch wieder verschwunden, daß man sie nicht mit einer Änderung der Knochenmarkstätigkeit in Zusammenhang bringen kann. Es könnte dies vielleicht mit einer allgemeinen Vermehrung der peripheren Blutmenge in Zusammenhang gebracht werden. Auch fehlt jede qualitative Umgruppierung.

Der 800-m-Lauf hat erstmals eine deutliche, außerhalb der Fehlerbreite liegende Zunahme der Vitalgranulierten verursacht. Die Veränderung macht sich erst in der letztentnommenen Blutprobe geltend und hat um diese Zeit den Höhepunkt möglicherweise noch nicht erreicht. Gleichzeitig nehmen die retikulären Formen etwas auf Kosten der granulären zu. Beide Größenverschiebungen heben sich noch klarer nach dem Lauf über 1500 m hervor, am stärksten wiederum beim Rekordmann.

Beim 3000-m-Langlauf, den alle Untersuchten wettkampfmäßig durchführten, wurden die größten Änderungen der Retikulozyten erzielt, sowohl in Gesamtzahl wie in qualitativer Zusammensetzung. Die Zunahmen übersteigen 150 %, und an der Gruppenverschiebung beteiligen sich auch die unausgereiften Kompaktformen. Die Zahlen sind schon nach 10 Minuten maximale, nach einer halben Stunde ist die Nivellierung noch nicht eingetreten. Bei den Resultaten der Trainingsläufer über 5000 m ist der hämatologische Effekt etwas weniger deutlich.

Ziemlich graduell mit der Größe der geforderten Leistung konnte demnach eine Änderung im Verhalten der Retikulozyten gefunden werden. Von geringfügigen Änderungen abgesehen, macht sich eine Zunahme der Gesamtzahl erst beim 800 - m - Lauf geltend. Diese ist am stärksten beim Langlauf. Gleichzeitig macht sich auch eine „Verschiebung nach links“ bemerkbar, vorzugsweise in der Verteilungsgröße der ersten und zweiten Gruppe. Je ausgiebiger die Veränderung ist, desto länger dauert die Restitution.

Neben diesen äußeren Faktoren spielen auch individuelle Momente (Trainingslauf, Wettkampf) als modifizierend eine Rolle.

Obwohl man in Retikulozytenzahl und Retikulozytenzusammensetzung einen Gradmesser für Knochenmarkstätigkeit erblickt, ist es wohl nicht richtig, hier nach relativ sehr kleinen Reizen schon von gesteigerter Knochenmarksfunktion zu sprechen. Vielmehr dürfte lediglich eine vermehrte Ausschwemmung aus den Blutbildungsstätten vorliegen. Eine beschleunigte Produktion wäre höchstenfalls das Sekundäre. Die Erklärung der Retikulozytenzunahme und Retikulozytenlinksverschiebung mit einer Ausschüttung der Blutdepots ist aber abzulehnen. Weshalb sollte das in Leber oder Milz gelagerte Blut reicher an jugendlichen Erythrozyten sein als das strömende?

Tabelle 1.
10 Kniebeugen.

	Versuchsperson	vorher			sofort nachher			10 Minuten nachher		
Retikulozyten pro 1000 Erythrozyten	B. J.	11			11			11,5		
	F. Sch.	4			3,5			3,5		
	R. A.	12			12,5			12,5		
	R. F.	7			7			8		
	Durchschnitt	**8,5**			**8,5**			**8,9**		
		Gruppe			Gruppe			Gruppe		
		I %	II %	III %	I %	II %	III %	I %	II %	III %
Retikulozyten differenziert	B. J.	69	30	1	70	30	0	71	29	0
	F. Sch.	73	27	0	72	27	1	74	26	0
	R. A.	81	19	0	80	20	0	80	20	0
	R. F.	65	34	1	64	33	3	64	35	1
	Durchschnitt	**72,0**	**27,5**	**0,5**	**71,5**	**27,5**	**1,0**	**72,25**	**27,5**	**0,25**

Tabelle 2.
20 Kniebeugen.

	Versuchsperson	vorher			sofort nachher			10 Minuten nachher		
Retikulozyten pro 1000 Erythrozyten	R. A.	12			11			11		
	F. Sch.	3			3			3,5		
	K. S.	5			5			5		
	B. J.	12			13			11,5		
	Durchschnitt	**8,0**			**8,0**			**7,7**		
		Gruppe			Gruppe			Gruppe		
		I %	II %	III %	I %	II %	III %	I %	II %	III %
Retikulozyten differenziert	R. A.	79	21	0	79	21	0	78	22	0
	F. Sch.	75	25	0	76	24	0	76	23	1
	K. S.	79	21	0	78	20	2	79	20	1
	B. J.	69	30	1	68	30	2	69	31	0
	Durchschnitt	**75,55**	**24,2**	**0,25**	**75,2**	**23,8**	**1,0**	**75,5**	**24,0**	**0,5**

Tabelle 3.

100-m-Lauf.

	Versuchsperson	vorher			sofort nachher			10 Minuten nachher		
Retikulozyten pro 1000 Erythrozyten	R. S.	5			4,5			5		
	K. M.	8			8			8		
	R. T.	6			6,5			11		
	Durchschnitt	**6,3**			**6,3**			**8,0**		
		Gruppe			Gruppe			Gruppe		
		I %	II %	III %	I %	II %	III %	I %	II %	III %
Retikulozyten differenziert	R. S.	73	27	0	72	27	1	73	27	0
	K. M.	65	33	2	66	31	3	66	32	2
	R. T.	64	34	2	67	32	1	68	31	1
	Durchschnitt	**67,33**	**31,33**	**1,33**	**68,3**	**30,0**	**1,7**	**69,0**	**30,0**	**1,0**

Tabelle 4.

200-m-Lauf.

	Versuchsperson	vorher			sofort nachher			10 Minuten nachher		
Retikulozyten pro 1000 Erythrozyten	S. A.	3			3			3		
	K. O.	2			2			2,5		
	L. P.	6			8			7		
	Durchschnitt	**3,7**			**4,3**			**4,2**		
		Gruppe			Gruppe			Gruppe		
		I %	II %	III %	I %	II %	III %	I %	II %	III %
Retikulozyten differenziert	S. A.	70	30	0	71	29	0	71	29	0
	K. O.	69	29	2	68	30	2	69	30	1
	L. P.	65	34	1	65	35	0	67	33	0
	Durchschnitt	**68,0**	**31,0**	**1,0**	**68,0**	**31,3**	**0,7**	**69,0**	**30,7**	**0,3**

Tabelle 5.

400-m-Lauf.

	Versuchsperson	vorher			sofort nachher			10 Minuten nachher		
Retikulozyten pro 1000 Erythrozyten	S. L.	4			5			4		
	K. V.	5			6,5			5,5		
		Gruppe			Gruppe			Gruppe		
		I %	II %	III %	I %	II %	III %	I %	II %	III %
Retikulozyten differenziert	S. L.	70	28	2	67	31	2	68	31	1
	K. V.	77	23	0	70	29	1	72	27	1

Tabelle 6.

800-m-Lauf.

	Versuchsperson	vorher			sofort nachher			10 Minuten nachher		
Retikulozyten pro 1000 Erythrozyten	N. F.	5			8			9		
	A. B.	8			10			13		
	K. M.	8			10			10,5		
	Durchschnitt	7,0			9,3			10,8		
		Gruppe			Gruppe			Gruppe		
		I %	II %	III %	I %	II %	III %	I %	II %	III %
Retikulozyten differenziert	N. F.	70	28	2	60	39	1	60	38	2
	A. B.	61	34	5	64	35	1	60	40	0
	K. M.	64	32	4	61	35	4	61	35	4
	Durchschnitt	65,0	31,3	3,7	61,7	36,3	2,0	60,3	37,7	2,0

Tabelle 7.
1500-m-Lauf.

	Versuchsperson	vorher			sofort nachher			10 Minuten nachher		
Retikulozyten pro 1000 Erythrozyten	A. M.	15			19			17,5		
	K. N.	8			11			11		
	F. H.	11			13			13,5		
	R. D.	8			14			13,5		
	Durchschnitt	**10,5**			**14,2**			**13,9**		
		Gruppe			Gruppe			Gruppe		
		I %	II %	III %	I %	II %	III %	I %	II %	III %
Retikulozyten differenziert	A. M.	65	30	5	59	36	5	60	36	4
	K. N.	70	28	2	63	35	2	64	34	2
	F. H.	79	20	1	68	30	2	65	33	2
	R. D.	68	31	1	60	38	2	60	39	1
	Durchschnitt	**70,5**	**27,25**	**2,25**	**62,5**	**34,7**	**2,8**	**62,3**	**35,5**	**2,2**

Tabelle 8.
3000-m-Lauf.

	Versuchsperson	vorher			sofort nachher			10 Minuten nachher			½ Stunde nachher		
Retikulozyten pro 1000 Erythrozyten	M. A.	14			20			21			19		
	K. L.	9			11			12			11,5		
	S. M.	4			8			10,5			9		
	Durchschnitt	**9,0**			**13,0**			**14,5**			**13,2**		
		Gruppe			Gruppe			Gruppe			Gruppe		
		I %	II %	III %	I %	II %	III %	I %	II %	III %	I %	II %	III %
Retikulozyten differenziert	M. A.	70	29	1	65	31	4	62	34	4	62	35	3
	K. L.	71	26	3	61	34	5	63	32	5	63	33	4
	S. M.	70	30	0	59	40	1	60	39	1	59	41	0
	Durchschnitt	**70,4**	**23,3**	**1,3**	**61,7**	**35,0**	**3,3**	**61,7**	**35,0**	**3,3**	**61,4**	**36,3**	**2,3**

Tabelle 9.

5000-m-Lauf.

	Versuchsperson	vorher			sofort nachher			10 Minuten nachher		
Retikulozyten pro 1000 Erythrozyten	H. J.	14			19			21		
	J. H.	9			15			16,5		
	K. G.	7			11			10,5		
	H. R.	12,5			16			17		
	Durchschnitt	**10,6**			**15,2**			**16,2**		
		Gruppe			Gruppe			Gruppe		
		I %	II %	III %	I %	II %	III %	I %	II %	III %
Retikulozyten differenziert	H. J.	78	22	0	68	30	2	68	31	1
	J. H.	70	27	3	62	35	3	62	35	3
	K. G.	72	27	1	63	37	0	64	36	0
	H. R.	75	25	0	61	39	0	60	39	1
	Durchschnitt	**73,7**	**25,3**	**1,0**	**63,5**	**35,2**	**1,3**	**63,5**	**35,2**	**1,3**

Literatur.

1. Egoroff: Z. klin. Med. **100**, 485 (1924); **104**, 545 (1926); **106**, 159 (1927).
2. Arnold: Normale und pathologische Physiologie der Leibesübungen 106 f. A. Barth, Leipzig, 1933.
3. Jokl: Arb. physiol. **2**, 452 ff. (1929).
4. Herxheimer: Sportmedizin. Thieme, Leipzig, 1933.
5. Rosenblum & Mendjuk: Arb. physiol. **2**, 395 ff. (1929).
6. Seyfarth: Folia haematologica **34**, 7 ff. (1927). Klin.Wschr. 1927, 487.
7. Zit. bei Rosenblum u. Mendjuk (s. o.).
8. Zit. bei Rosenblum u. Mendjuk (s. o.).
9. Jezler u. Vischer: Verh. der Ges. f. innere Medizin 1935, 132 ff.
10. Nägeli: Blutkrankheiten und Blutdiagnostik S. 114. Springer, Berlin, 1931.
11. Morawitz u. Denecke: Hb. d. inn. Med., hrsg. von Mohr u. Stähelin, **4**, 55. Springer, Berlin, 1926.
12. Schilling: Das Blutbild und seine klinische Verwertung S. 31. Fischer, Jena, 1933.
13. Glitsch: Z. f. exp. Med. **73**, 692 ff. (1930).
14. Heilmeyer: Dtsch. Arch. f. klin. Med. **171**, 123 (1931).
15. Tomaszewsky: Ref. in Kongreßzentralblatt **79**, 408 (1935). (Polsk. Arch. Med. wewn. **12**, 711 ff. [1934].)
16. Zit. nach Hb. d. allg. Hämatologie, hrsg. von Hirschfeld u. Hittmair, 2, 102 (1933).
17. Barcroft: Atmungsfunktion des Blutes S. 139 ff. (1927). Springer, Berlin.
18. Wolfer: Festschrift der Schweiz. Naturforsch. Ges. Davos 1929.
19. Jezler u. Vischer: Vortrag, gehalten auf der 116. Tagung der Schweiz. Naturforsch. Ges. 1935, erscheint in Schweiz. Med. Wschr.
20. Gualdi: Ref. in Kongr.Z.Blatt **76**, 652 (1934). (Policlinico Sez. med. **41**, 320 ff. [1934].)
21. Machwiladze: Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. **37**, 499 (1933).
22. Yang u. Keefer: Ref. in Kongr.Z.Blatt **57**, 823 (1930). (Arch. int. Med. **45**, 456 ff. [1930].)
23. Zit. nach Hb. d. allg. Hämatologie, hrsg. von Hirschfeld u. Hittmair, 2, 104.
24. Gawrilow: Fol. haem. **38**, 246 ff. (1929).
25. Hirschfeld u. Moldawsky: Hb. d. allg. Hämatologie 2, 95 ff. (1933).
26. Wolfer: Klin. Wschr. 1931, 1541. Hb. der biol. Arbeitsmeth., hrsg. v. Abderhalden, Abt. 5.
27. Osgood: Ref. Kongr.Z.Blatt **67**, 42 (1932) (Proc. Soc. exper. Biol. a. Med. **29**, 53 ff. [1931]).
28. Seyderhelm: Vitamine und Blut. A. Barth, Leipzig 1935.
29. Jezler: Schweiz.Med.Wschr. **1935**, 776.